

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по УРиМД

Нариманова Г.Н.

«05» 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Медицинская электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**

Кафедра: **промышленной электроники (ПрЭ)**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 6 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 26        | 26    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Лабораторные занятия               | 16        | 16    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 48        | 48    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 108       | 108   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 3         | 3     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет                          | 6       |

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Нариманова Г.Н.  
Должность: И.о. проректора по УРиМД  
Дата подписания: 05.03.2025  
Уникальный программный ключ:  
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83077

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Цель дисциплины состоит в формировании у студентов представлений о фундаментальных основах квантовой и оптической электроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания явлений квантовой и оптической электроники.

2. Изучение базовых принципов квантовой и оптической электроники.

3. Изучение основных принципов построения и реализации устройств квантовой и оптической электроники, рассмотрение примеров конкретных устройств, технологических подходов к их изготовлению и использованию в технологических приложениях.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.08.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция                                                                                                                                                                                                               | Индикаторы достижения компетенции                                                       | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>                                                                                                                                                                                          |                                                                                         |                                                                                                                  |
| -                                                                                                                                                                                                                         | -                                                                                       | -                                                                                                                |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>                                                                                                                                                                                   |                                                                                         |                                                                                                                  |
| -                                                                                                                                                                                                                         | -                                                                                       | -                                                                                                                |
| <b>Профессиональные компетенции</b>                                                                                                                                                                                       |                                                                                         |                                                                                                                  |
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов | знает основные принципы функционирования квантовых и оптоэлектронных приборов и систем                           |
|                                                                                                                                                                                                                           | ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов            | Умеет применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач |
|                                                                                                                                                                                                                           | ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем       | Владеет навыками создания установок, включающих приборы квантовой электроники                                    |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности                                                                                             | Всего часов | Семестры  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
|                                                                                                                       |             | 6 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>                                               | 60          | 60        |
| Лекционные занятия                                                                                                    | 26          | 26        |
| Практические занятия                                                                                                  | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия                                                                                                  | 16          | 16        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 48          | 48        |
| Подготовка к зачету                                                                                                   | 26          | 26        |
| Подготовка к тестированию                                                                                             | 10          | 10        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета                                                                    | 12          | 12        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                                                                                   | 108         | 108       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>                                                                                    | 3           | 3         |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                   |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Свойства электромагнитных волн   | 4            | 4             | -         | 10           | 18                         | ПК-3                    |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | 10           | 6             | -         | 10           | 26                         | ПК-3                    |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | 6            | 4             | 8         | 14           | 32                         | ПК-3                    |
| 4 Основные типы лазеров            | 6            | 4             | 8         | 14           | 32                         | ПК-3                    |
| Итого за семестр                   | 26           | 18            | 16        | 48           | 108                        |                         |
| Итого                              | 26           | 18            | 16        | 48           | 108                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)                                                                                           | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                   |                                                                                                                                                    |                                      |                         |
| 1 Свойства электромагнитных волн   | Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Волновое уравнение. Плоские гармонические волны. Волновой пакет. Поляризация волн. Вектор Пойнтинга. | 4                                    | ПК-3                    |
|                                    | Итого                                                                                                                                              | 4                                    |                         |

|                                    |                                                                                                                                                                          |    |      |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
| 2 Описание квантовых ансамблей     | Принципы усиления света. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации. Матрица плотности. Балансные уравнения.                  | 10 | ПК-3 |
|                                    | Итого                                                                                                                                                                    | 10 |      |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Элементарная теория резонаторов. Селекция мод. Расходимость пучка. Когерентность, однородное и неоднородное уширение спектральной линии                                  | 6  | ПК-3 |
|                                    | Итого                                                                                                                                                                    | 6  |      |
| 4 Основные типы лазеров            | Твердотельный лазер. Режимы работы. Типы твердотельных лазеров. Газовый лазер. Столкновения 1 и 2 рода. Не-Ne лазер. CO <sub>2</sub> лазер. Другие типы газовых лазеров. | 6  | ПК-3 |
|                                    | Итого                                                                                                                                                                    | 6  |      |
| Итого за семестр                   |                                                                                                                                                                          | 26 |      |
| Итого                              |                                                                                                                                                                          | 26 |      |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров)                                                               | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                   |                                                                                                             |                 |                         |
| 1 Свойства электромагнитных волн   | Уравнения Максвелла. Плоские световые волны в безграничных средах.                                          | 4               | ПК-3                    |
|                                    | Итого                                                                                                       | 4               |                         |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | Описание квантовых ансамблей и процессов релаксации. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом | 6               | ПК-3                    |
|                                    | Итого                                                                                                       | 6               |                         |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | Оптические резонаторы. Характеристики лазерного излучения.                                                  | 4               | ПК-3                    |
|                                    | Итого                                                                                                       | 4               |                         |
| 4 Основные типы лазеров            | Твердотельные лазеры. Газовые лазеры.                                                                       | 4               | ПК-3                    |
|                                    | Итого                                                                                                       | 4               |                         |
| Итого за семестр                   |                                                                                                             | 18              |                         |
| Итого                              |                                                                                                             | 18              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов<br>(тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ                                   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                      |                                                                   |                 |                         |
| 3 Общие вопросы построения лазеров    | Исследование основных параметров полупроводникового лазера        | 4               | ПК-3                    |
|                                       | Полупроводниковые детекторы оптического излучения                 | 4               | ПК-3                    |
|                                       | Итого                                                             | 8               |                         |
| 4 Основные типы лазеров               | Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов. | 8               | ПК-3                    |
|                                       | Итого                                                             | 8               |                         |
| Итого за семестр                      |                                                                   | 16              |                         |
| Итого                                 |                                                                   | 16              |                         |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов<br>(тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы                        | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля      |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|
| <b>6 семестр</b>                      |                                                    |                 |                         |                     |
| 1 Свойства электромагнитных волн      | Подготовка к зачету                                | 7               | ПК-3                    | Зачёт               |
|                                       | Подготовка к тестированию                          | 3               | ПК-3                    | Тестирование        |
|                                       | Итого                                              | 10              |                         |                     |
| 2 Описание квантовых ансамблей        | Подготовка к зачету                                | 7               | ПК-3                    | Зачёт               |
|                                       | Подготовка к тестированию                          | 3               | ПК-3                    | Тестирование        |
|                                       | Итого                                              | 10              |                         |                     |
| 3 Общие вопросы построения лазеров    | Подготовка к зачету                                | 6               | ПК-3                    | Зачёт               |
|                                       | Подготовка к тестированию                          | 2               | ПК-3                    | Тестирование        |
|                                       | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6               | ПК-3                    | Лабораторная работа |
|                                       | Итого                                              | 14              |                         |                     |
| 4 Основные типы лазеров               | Подготовка к зачету                                | 6               | ПК-3                    | Зачёт               |
|                                       | Подготовка к тестированию                          | 2               | ПК-3                    | Тестирование        |
|                                       | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6               | ПК-3                    | Лабораторная работа |
|                                       | Итого                                              | 14              |                         |                     |
| Итого за семестр                      |                                                    | 48              |                         |                     |

|       |    |  |
|-------|----|--|
| Итого | 48 |  |
|-------|----|--|

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля                           |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |                                          |
| ПК-3                    | +                         | +          | +         | +         | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля           | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| <b>6 семестр</b>         |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Зачёт                    | 10                                             | 10                                          | 15                                                        | 35               |
| Лабораторная работа      | 10                                             | 15                                          | 20                                                        | 45               |
| Тестирование             | 5                                              | 5                                           | 10                                                        | 20               |
| Итого максимум за период | 25                                             | 30                                          | 45                                                        | 100              |
| Нарастающим итогом       | 25                                             | 55                                          | 100                                                       | 100              |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|-------------------------------------------------------|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)         |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100                                                 | A (отлично)           |
| 4 (хорошо) (зачтено)  | 85 – 89                                                  | B (очень хорошо)      |
|                       | 75 – 84                                                  | C (хорошо)            |
|                       | 70 – 74                                                  | D (удовлетворительно) |

|                                      |                |                         |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69        | Е (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64        |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература**

1. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Пихтин. - М. : Абрис, 2012. - 656 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.).

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.).

2. Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику: Учебное пособие для вузов, - М.: Высшая школа, 1991. – 191 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.).

### **7.3. Учебно-методические пособия**

#### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / В. И. Быков, С. М. Шандаров - 2024. 47 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/11023>.

2. Исследование основных параметров полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторным работам / В. И. Быков, А. И. Башкиров - 2024. 14 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/11019>.

3. Полупроводниковые детекторы оптического излучения: Методические указания к лабораторным работам / В. И. Быков, А. И. Башкиров - 2024. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/11013>.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНИЗОТРОПНЫХ КРИСТАЛЛОВ: Методические указания к лабораторным работам / В. И. Быков - 2024. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/11022>.

#### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций,

текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

## **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

## **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 111 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Учебный стенд "Оптика" - 2 шт.;
- Генератор АКПП-3409/3 - 2 шт.;
- Источник питания "Марс";
- Генератор Г5-54;
- Генератор функциональный АКТАКОМ АНР-3121;
- Мультиметр: DT 0205A, S-Line DT-830B;
- Осциллограф: Tektronix TBS2000, Rigol;
- Мультиметр Mastech MY68;
- Лабораторные стенды "Электрооптический эффект" - 2 шт., "Фазовый портрет" - 2 шт.;
- Лабораторный стенд "Полупроводниковые фотоприемники";
- Лабораторный стенд "Полупроводниковый лазер";
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

## **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;

- 7-Zip;
- Google Chrome.

## 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля      | Оценочные материалы (ОМ)            |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1 Свойства электромагнитных волн   | ПК-3                    | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |                         | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Описание квантовых ансамблей     | ПК-3                    | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |                         | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Общие вопросы построения лазеров | ПК-3                    | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |                         | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|                                    |                         | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Основные типы лазеров            | ПК-3                    | Зачёт               | Перечень вопросов для зачета        |
|                                    |                         | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|                                    |                         | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |                                                             |                                                                      |
|----------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                            |                                            | знать                                                                               | уметь                                                       | владеть                                                              |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания                                          | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания                                               | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания                             | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания                                               | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.                                                                                                                                                                                           |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.                                                                                                                                     |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- Какой вид имеет одномерное волновое уравнение для напряженности электрического поля?
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = 0;$
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
  - $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{1}{\varepsilon\mu} \nabla^2 \vec{E} = 0;$
  - $\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$
- В электромагнитной волне величины напряженностей электрического и магнитного полей связаны уравнением
  - $H_m = E_m;$
  - $H_m = W \cdot E_m;$
  - $H_m = \frac{E_m}{W};$
  - $H_m = \int E_m dW.$
- Оператор  $\hat{A}$  называется самосопряженным (эрмитовым), если для любых двух функций  $u$  и  $v$ 
  - $\hat{A}(a_1 u + a_2 v) = a_1 \hat{A}u + a_2 \hat{A}v;$
  - $\int v^* \hat{A}u dV = \int u \hat{A}^* v^* dV;$
  - $\int u_n^* v_m dV = 0 \quad (m \neq n);$
  - $\int u_n^* v_m dV = 1 \quad (m = n)$
- Оператор в произвольном представлении является матрицей, элемент которой  $A_{mn}$  определяется выражением
  - $A_{mn} = \int \psi_m^*(x) \hat{A} \psi_n(x) dx;$
  - $A_{mn} = \int \psi_m^* \hat{A} \psi_n dx;$
  - $A_{mn} = \langle \psi | \hat{A} | \psi \rangle$
  - $A_{mn} = \sum_k W_k a_{kn}^* a_{km}.$
- Условие устойчивости открытого оптического резонатора длиной  $L$  с радиусами кривизны зеркал  $r_1$  и  $r_2$  :
  - $0 < \left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right) < 1$

- б)  $0 \leq \left(1 - \frac{L}{r_1}\right) \left(1 - \frac{L}{r_2}\right) \leq 1$
- в)  $L < r_1, L < r_2$
- г)  $L > r_1, L > r_2$
6. Вероятность спонтанного излучения (коэффициент Эйнштейна  $A_{21}$ ) зависит от частоты перехода  $\nu$  как:
- а)  $\nu$
- б)  $\nu^2$
- в)  $\nu^3$
- г) не зависит от  $\nu$
7. В ансамбле частиц с двумя уровнями энергии (первоначально находящимся в состоянии термодинамического равновесия), при оптической накачке инверсию населённостей:
- а) можно создать при малых плотностях энергии накачки  $\rho$
- б) можно создать при больших  $\rho$
- в) можно создать при любых  $\rho$
- г) создать невозможно в принципе
8. Соотношение населённостей уровней ( $N_1$  и  $N_2$ ), для среды, находящейся в состоянии термодинамического равновесия (уровень «1» – нижний и «2» – верхний):
- а)  $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2} \exp\left\{-\frac{E_2 - E_1}{kT}\right\}$
- б)  $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2} \exp \frac{E_2 - E_1}{kT}$
- в)  $\frac{N_1}{g_1} = \frac{N_2}{g_2} \exp \frac{E_2 + E_1}{kT}$
- г)  $g_1 N_1 = g_2 N_2$
9. Соотношение между радиусами кривизны сферических вогнутых зеркал ( $r_1$  и  $r_2$ ) и расстоянием между ними  $L$  (длина резонатора) для полуконфокального резонатора:
- а)  $r_1 = \infty, r_2 = 2L$
- б)  $r_1 = \infty, r_2 = L$
- в)  $r_1 = r_2 = L$
- г)  $r_1 = r_2 = 2L$
10. Аббревиатура *TEM* обозначает:
- а) продольную электромагнитную волну
- б) поперечную электромагнитную волну
- в) продольную моду резонатора
- г) поперечную моду резонатора
11. Механизмом накачки в *He – Ne* лазере является:
- а) процесс передачи энергии и заряда от  $\text{He}^+$  атому Ne
- б) процесс передачи энергии от  $\text{He}^*$  атому Ne
- в) возбуждение атомов неона электронным ударом
- г) поглощение квантов света

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Принципы усиления света

2. Описание квантовых ансамблей в состоянии теплового равновесия и в процессе релаксации
3. Элементарная теория резонаторов. Селекция мод
4. Твердотельный лазер. Режимы работы.
5. Особенности газов как активного вещества для лазеров Механизмы возбуждения газоразрядных лазеров

### 9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование основных параметров полупроводникового лазера
2. Полупроводниковые детекторы оптического излучения
3. Определение электрооптических параметров анизотропных кристаллов.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов                                       | Формы контроля и оценки результатов обучения    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| С нарушениями слуха   | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка             |
| С нарушениями зрения  | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам                          | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |

|                                               |                                                                                                       |                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами                                                                |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

#### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП  
протокол №01-25 от «21» 1 2025 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись                                                  |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ   | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | Н.И. Буримов      | Согласовано,<br>393931b1-af66-45e5-<br>a537-c5831244e4ca |
| Начальник учебного управления     | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                     |                |                                                          |
|---------------------|----------------|----------------------------------------------------------|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Согласовано,<br>6332ca5f-c16e-4579-<br>bbc4-ee49773dfd8d |
| Доцент, каф. ЭП     | А.И. Аксенов   | Согласовано,<br>d90d5f87-f1a9-4440-<br>b971-ce4f7e994961 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                 |            |                                                          |
|-----------------|------------|----------------------------------------------------------|
| Доцент, каф. ЭП | В.И. Быков | Разработано,<br>059722b9-8e1d-453e-<br>b2d2-c0d528ac8ebd |
|-----------------|------------|----------------------------------------------------------|